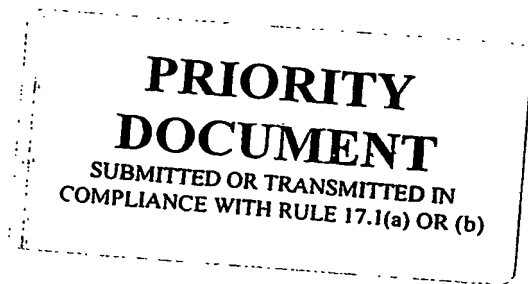


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



EP04/52641
26. 10 2004

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 49 891.5

REC'D 22 NOV 2004

Anmeldetag:

25. Oktober 2003

WIPO PCT

Anmelder/Inhaber:

Marconi Communications GmbH,
71522 Backnang/DE

Bezeichnung:

Optisches Netzwerk und Verstärkerknoten dafür

IPC:

H 04 B, H 04 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schmidt C.

Optisches Netzwerk und Verstärkerknoten dafür

Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches
10 Netzwerk für die Informationsübertragung sowie
Verstärkerknoten, die in einem solchen Netzwerk
einsetzbar sind. Genauer gesagt, betrifft sie ein
Netzwerk bzw. Netzwerkknoten für die Wellenlängen-
multiplex-Übertragung.

15

Ein solches optisches Netzwerk ist im Allgemeinen
aufgebaut aus einer Mehrzahl von Knoten, die un-
tereinander durch optische Fasern verbunden sind,
auf denen Nachrichtensignale in Form eines Wellen-
20 längenmultiplex, d.h. auf eine Mehrzahl von sich
gleichzeitig in der Faser ausbreitenden Trägerwel-
len unterschiedlicher Wellenlänge aufmoduliert,
übertragen werden.

25 Die Dämpfung der Trägerwellen macht es erforder-
lich, Nachrichtensignale, die über weite Strecken
übertragen werden sollen, in regelmäßigen Abstän-
den nachzuverstärken. Diese Nachverstärkung kann
in speziell für diesen Zweck vorgesehenen, zw-
30ischen jeweils zwei Faserabschnitten angeordneten
Knoten stattfinden, die Knoten können aber auch
eine größere Zahl von Faserabschnitten untereinan-
der verbinden und dabei eine Vermittlungsfunktion

wahrnehmen, d.h. einen eintreffenden Wellenlängenmultiplex in seine jeweils unterschiedlichen Trägerwellenlängen entsprechenden Nutzlastkanäle zerlegen und diese an unterschiedliche ausgehende Faserabschnitte weiterleiten.

Die vorliegende Erfindung betrifft Verstärkerknoten von beiderlei Typ.

10 Zusammen mit den Nutzlastkanälen, d.h. den Trägerwellen, die Nutzdaten zwischen Endgeräten des Netzwerks befördern, ist es gebräuchlich, auf einer optischen Faser einen sogenannten optischen Überwachungskanal (Optical Supervisory Channel
15 OSC) zu übertragen, der für die Verwaltung der Nutzlastkanäle und der darauf übertragenen Nachrichten in den Knoten des Übertragungsnetzwerks benötigte Information transportiert.

20 Die auf dem Überwachungskanal übertragene Information ist eine rein interne Information des Netzwerks, die nicht an die an das Netzwerk angeschlossenen Endgeräte übertragen wird und deshalb andere Übertragungsformate als die Nutzlastkanäle
25 nutzen kann und in den Knoten des Netzwerks unabhängig von den Nutzlastkanälen verarbeitet wird.

Bei den meisten herkömmlichen Netzwerken für die Wellenlängenmultiplex-Übertragung ist unmittelbar
30 am Eingang des Knotens ein Demultiplexer zum Zerlegen des eintreffenden Wellenlängenmultiplex in die Nutzlastkanäle einerseits und einen Überwachungskanal andererseits vorgesehen, und die Verarbeitung der Nutzdatenkanäle und des Überwa-

chungskanals im Netzknoten erfolgt völlig getrennt
voneinander bis zu einem Multiplexer unmittelbar
vor dem Ausgang des Netzknotens, der die Nutzda-
tenkanäle und den Überwachungskanal wieder zu ei-
5 nem Wellenlängenmultiplex zusammenfügt.

Ein Nachteil dieser herkömmlichen Konstruktion
ist, dass mit der Verwendung des Demultiplexers
und Multiplexers verbundene Einfügungsverluste den
10 eintreffenden Wellenlängenmultiplex an dem Ort
seines Übertragungswegs dämpfen, an dem er am
schwächsten ist bzw. ihn noch vor seiner Einspei-
sung in die Übertragungsfaser abschwächen. Um die
Einfügungsverluste zu kompensieren und am Ausgang
15 des Demultiplexers eine für die Weiterverarbeitung
ausreichende Signalstärke zur Verfügung zu haben,
wäre es denkbar, die in die optische Faser einge-
speiste Sendeleistung zu erhöhen. Dies scheitert
jedoch in der Regel daran, dass die meisten Netz-
20 werke bereits eine so hohe Sendeleistung verwen-
den, dass die weitere Erhöhung zu einer starken
Zunahme von die Signale verfälschenden nichtlinea-
ren Effekten führen. Es bleibt daher nur die Mög-
lichkeit, den Abstand zwischen zwei Verstärkerkno-
25 ten zu reduzieren.

In US 6,411,407 wird ein Verstärkerknoten bzw. ein
optisches Netzwerk nach den Oberbegriffen der un-
abhängigen Ansprüche vorgeschlagen. Bei diesen
30 Verstärkerknoten ist ein Vorverstärker zwischen
dem Eingangsanschluss und dem Demultiplexer bzw.
ein Nachverstärker zwischen dem Multiplexer und
dem Ausgangsanschluss vorgesehen, die die Einfü-
gungsverluste des Demultiplexers und Multiplexers

mehr als kompensieren. Die Trägerwellenlängen der Nutzdatenkanäle sind in einem auf diesem Gebiet der Technik üblichen Wellenlängenbereich von 1530 bis 1560 nm verteilt, der einem Wellenlängenbereich entspricht, in dem die Verstärkung eines erbiumdotierten Faserverstärkers unabhängig von der Wellenlänge ist. Die Überwachungskanäle sind außerhalb dieses Wellenlängenbereichs bei Wellenlängen angesiedelt, wo der erbiumdotierte Faserverstärker einer geringere oder keine Verstärkung aufweist. Ein nach dem Durchgang durch den Vorverstärker im Demultiplexer abgetrennter Überwachungskanal wird in dem Knoten terminiert und an seiner Ausgangsseite neu erzeugt, im Multiplexer mit den ausgehenden Nutzlastkanälen zusammengeführt, durchläuft gemeinsam mit ihnen einen Nachverstärker und wird auf einer ausgehenden optischen Faser gesendet. Mit Hilfe des Vorverstärkers ist es zwar möglich, in den Demultiplexer einen eintreffenden Wellenlängenmultiplex mit einer ausreichenden Leistung einzuspeisen, damit an dessen Ausgang genügend Signalleistung für die Weiterverarbeitung zur Verfügung steht, und aufgrund der Anordnung des Nachverstärkers hinter dem Multiplexer steht die Ausgangsleistung des Nachverstärkers ungeschmälert zum Einspeisen in die ausgehende Faser zur Verfügung, doch muss dafür eine Einbuße an Betriebssicherheit in Kauf genommen werden. Wenn von den zwei Verstärkern am Anfang und Ende einer Übertragungsfasers einer ausfällt, so führt dies nicht nur dazu, dass die Nutzlastkanäle nicht mehr übertragen werden, sondern auch die im Empfänger-knoten zur Verfügung stehende Leistung des Überwachungskanals nimmt ab, so dass diese nicht mehr

mit Sicherheit korrekt verarbeitet werden kann, was die Erkennung der Störung und ihrer Ursachen sowie ihre Behebung erschwert, wenn nicht gar unmöglich macht.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine Lösung für dieses Problem anzugeben.

10

Die erfindungsgemäße Lösung liegt in der geeigneten Auswahl einer Wellenlänge für den Überwachungskanal.

15

Betrachtet man die Empfängerseite eines Verstärkerknotens, so sollte die vom Demultiplexer als Überwachungskanal aus dem Wellenlängenmultiplex abgetrennte Wellenlänge so gewählt sein, dass deren Dämpfung zwischen dem Eingangsanschluss und der den Überwachungskanal empfangenden Senke im gepumpten Zustand des Verstärkers im Wesentlichen gleich der Dämpfung im ungepumpten Zustand des Verstärkers ist.

20

Betrachtet man die Ausgangsseite eines solchen Verstärkerknotens, so ergibt sich als Kriterium für die Wellenlänge des Überwachungskanals, dass die Dämpfung zwischen der Quelle des Überwachungskanals und dem Ausgangsanschluss im gepumpten Zustand des Verstärkers im Wesentlichen gleich der im ungepumpten Zustand sein sollte.

30

Diese Wellenlänge kann geringfügig von der Wellenlänge abweichen, bei der die Dämpfung des Verstärkers für sich allein betrachtet im gepumpten und ungepumpten Zustand gleich ist, da auf dem opti-

schen Weg zwischen Eingangsanschluss und Senke bzw. Quelle und Ausgangsanschluss Komponenten mit wellenlängenabhängiger Dämpfung wie etwa gekrümmte Wellenleiter vorhanden sein können. Bei einem hinreichend symmetrischen Aufbau von Sender- und Empfängerseite des Netzknotens sind die beiden oben angegebenen Kriterien für die Wellenlänge des Überwachungskanals gleichbedeutend.

- 10 Betrachtet man nicht nur den isolierten Verstärkerknoten sondern ein komplettes Netzwerk, bei dem ein Sender- und ein Verstärkerknoten durch eine optische Faser verbunden sind, so kann auch diese Faser eine wellenlängenabhängige Dämpfung aufweisen, die die optimale Wellenlänge für den Überwachungskanal beeinflusst. In diesem Fall wird man die Wellenlänge für den Überwachungskanal so wählen, dass die gesamte Dämpfung, die der Überwachungskanal auf dem Weg von einer Quelle zu einer Senke erfährt, unabhängig davon ist, ob ein auf seinem Weg angeordneter Verstärker gepumpt oder ungepumpt ist.

25 Wenn der Verstärker ein erbiumdotierter Faserverstärker ist, wird man die Wellenlänge des Überwachungskanals vorzugsweise zwischen 1600 und 1650 nm, insbesondere zwischen 1610 und 1650 nm, wählen.

- 30 Um den für die Nutzdatenkanäle des Wellenlängenmultiplex nutzbare Bandbreite über den Bereich hinaus zu verbreitern, in dem die Verstärkung eines aktiven Mediums des Verstärkers von sich aus im Wesentlichen unabhängig von der Wellenlänge

ist, kann in dem Verstärker ein verstärkungsnivellierendes Filter mit dem aktiven Medium in Reihe kombiniert sein. Dieses Filter muss dann auch bei der Wellenlänge des Überwachungskanals transparent sein, um diesen nicht zu unterdrücken.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

Fig. 1a schematisch einen Ausschnitt aus einem optischen Netzwerk mit zwei Verstärkerknoten und einer diese Verstärkerknoten verbindenden optischen Faser, in dem die Erfindung anwendbar ist;

Fig. 1b eine Abwandlung des Ausschnitts aus Fig. 1a;

Fig. 2 die Dämpfung bzw. Verstärkung eines erbiumdotierten Faserverstärkers als Funktion der Wellenlänge für unterschiedliche Werte der Pumpleistung;

Fig. 3 das Verhältnis zwischen den Ausgangsleistungen des Verstärkers im gepumpten und im ungepumpten Zustand als Funktion der Wellenlänge; und

Fig. 4 eine bevorzugte Ausgestaltung eines Netzknotens.

Fig. 1a zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einem Netzwerk mit einem Netzknoten 1 mit reiner Verstärkerfunktion, der ein auf einer optischen Faser 2 eintreffendes, auf der Faser 2 gedämpftes Wellenlängenmultiplexsignal verstärkt und auf eine weitere optische Faser 3 ausgibt, und einem Netzknoten 4, der neben der Verstärkungsfunktion auch eine Vermittlungsfunktion wahrnimmt und hierfür ein optisches Wellenlängenmultiplexsignal nicht nur von der optischen Faser 3, sondern wenigstens noch von einer weiteren Faser 5 empfängt und an Fasern 6, 7 ausgibt.

In der Beschreibung wird nur der Fall einer unidirektionalen Übertragung, von links nach rechts in der Figur, betrachtet, doch versteht sich, dass durch Verdoppeln der entsprechenden Einrichtungen der Netzknoten 1, 4 auch eine bidirektionale Übertragung möglich ist.

Die auf den optischen Fasern 2, 3, 5, 6, 7 zirkulierenden Wellenlängenmultiplexsignale setzen sich zusammen aus einer Vielzahl von Nutzdatenkanälen in einem Wellenlängenbereich von ca. 1530 bis 1560 nm und einem optischen Überwachungskanal bei einer Wellenlänge von wenigstens 1600 nm.

Ein Wellenlängenmultiplexsignal, das den Netzknoten 1 über die Faser 2 erreicht, durchläuft in dem Netzknoten 1 zunächst einen Vorverstärker 8.

Dieser Vorverstärker 8 kann in Form einer erbium-dotierten Faser realisiert sein, die durch eine Pumplichtquelle 9, wie etwa einen Diodenlaser, ge-

pumpt ist, um das Wellenlängenmultiplexsignal in einem Wellenlängenbereich von ca. 1527 bis 1565 nm zu verstärken. Zusätzlich kann der Verstärker wie in Fig. 1b gezeigt, ein verstärkungsnivellierendes Filter 24 aufweisen, das der erbiumdotierten Faser 25 nachgeschaltet ist. Ein verstärkungsnivellierendes Filter, das jeweils für ein bestimmtes aktives Lasermedium wie etwa die erbiumdotierte Faser spezifisch ist, hat eine zur Wellenlängen-Verstärkungs-Charakteristik des aktiven Mediums inverse Transmissionscharakteristik, mit einem Minimum der Transmission beim Verstärkungsmaximum des aktiven Mediums und Absorptionsminima außerhalb des Wellenlängenbandes, in dem die Abhängigkeit der Verstärkung des aktiven Mediums von der Wellenlänge von sich aus gering ist, so dass die globale Wellenlängen-Verstärkungs-Charakteristik des gesamten Vorverstärkers 8 ein Band mit geringer Wellenlängenabhängigkeit aufweist, das breiter ist als das des aktiven Mediums allein und daher mehr Nutzlastkanäle zu befördern vermag. Das verstärkungsnivellierende Filter ist bei der Wellenlänge des Überwachungskanals transparent, vorzugsweise weist es bei dieser Wellenlänge ebenfalls ein Minimum der Absorption auf.

Das so vorverstärkte Wellenlängenmultiplexsignal durchläuft einen Demultiplexer 10, in welchem der optische Überwachungskanal, der den Vorverstärker 8 durchläuft, ohne darin verstärkt zu werden und im Wesentlichen auch, ohne darin gedämpft zu werden, von den Nutzlastkanälen abgetrennt wird, um ihn durch einen an seine Wellenlänge angepassten Verstärker 11 zu führen. Die Nutzdatenkanäle wer-

den vom Demultiplexer 10 direkt zu einem Multiplexer 12 weitergeführt, in welchem sie mit dem in dem Verstärker 11 verstärkten optischen Überwachungskanal wieder zusammengeführt werden. Das somit wieder vollständige Multiplexsignal durchläuft einen Nachverstärker 13. Dieser kann wiederum gemäß Fig. 1a in Form einer einfachen erbiumdotierten, von einer Pumplichtquelle 9 gepumpten erbiumdotierten Faser als aktives Medium, oder gemäß Fig. 1b mit einem verstärkungsnivellierenden Filter 24 wie oben für den Vorverstärker 8 beschrieben, realisiert sein, wobei allerdings beim Nachverstärker das verstärkungsnivellierende Filter 24 dem aktiven Medium, d. h. der Faser 25, vorgeschaltet ist, um eine möglichst hohe Ausgangsleistung des Nachverstärkers 13 ohne Sättigung des aktiven Mediums zu erreichen.

Nach dem Durchgang durch den Nachverstärker 13 wird der Wellenlängenmultiplex auf die zu dem Netzknoten 4 führende optische Faser 3 ausgegeben.

Am Netzknoten 4 ist ebenfalls an jedem Eingangsanschluss für eine Faser 3, 5 ein Vorverstärker 8 und anschließend an diesen ein Demultiplexer 14 angeordnet. Während der Demultiplexer 10 des Knotens 1 den Wellenlängenmultiplex nur in zwei Komponenten, die Nutzlastkanäle einerseits und den Überwachungskanal andererseits, zerlegen muss, trennen die Demultiplexer 14 ferner auch die einzelnen Nutzlastkanäle voneinander und führen sie einzeln einer Vermittlungsmatrix 15 zu. Die an dem Demultiplexer 14 abgetrennten Überwachungskanäle werden an einer Steuereinheit 16 terminiert, die

die zwischen Ein- und Ausgängen der Vermittlungsmatrix 15 geschalteten Verbindungen kontrolliert. Außerdem erzeugt die Steuereinheit 16 neue Überwachungskanäle, die in Multiplexern 17 mit den in
5 der Vermittlungsmatrix 15 vermittelten Nutzlastkanälen zu neuen Wellenlängenmultiplexsignalen zusammengesetzt werden. Diese durchlaufen die Nachverstärker 13 und werden auf die Fasern 6, 7 ausgegeben.

10

Fig. 2 zeigt die Verstärkung einer typischen erbidotierten Faserverstärkers ohne verstärkungsnivellierendes Filter als Funktion der zu verstärkenden Wellenlänge bei Pumpleistungen von 0 mW, 40
15 mW, 80 mW und 200 mW. Die Verstärkungskurven für positive Pumpleistungen zeigen ein Plateau zwischen 1530 und 1560 nm, das dem für die Übertragung der Nutzlastkanäle verwendeten Band entspricht. Oberhalb und unterhalb dieses Bandes
20 schließen sich Wellenlängenbereiche an, in denen die Verstärkung zwar geringer, aber immer noch deutlich positiv ist. In diesen Wellenlängenbereichen weist die Verstärkerfaser aber auch eine nicht zu vernachlässigende Absorption auf, wenn
25 die Pumpleistung Null ist, d.h. wenn die Pumplichtquelle 9 des Verstärkers ausfällt.

Fig. 3 zeigt die Differenz zwischen den Verstärkungswerten des Verstärkers bei voller Pumpleistung und verschwindender Pumpleistung als Funktion
30 der Wellenlänge. Bei einer Wellenlänge von z.B. 1580 nm, die bereits weit außerhalb des für die Nutzlastkanäle benutzen Frequenzbereichs liegt, beträgt diese Differenz immer noch 7,3 dB. Bei

1615 nm liegt sie bereits unter 3 dB und bei 1620 nm bei ca. 2 dB. Erst ab ca. 1630 nm ist praktisch keine Differenz mehr vorhanden.

- 5 Auf den ersten Blick könnte man meinen, dass man, um eine Unabhängigkeit des Leistungsniveaus des Überwachungskanals vom Funktionieren der Verstärker 8 oder 13 zu erreichen, eine Wellenlänge für den Überwachungskanal von wenigstens 1630 nm wählen müsste. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Transmission der verwendeten optischen Werkstoffe wellenlängenabhängig ist, und dass Krümmungen der Wellenleiter, auf denen sich das Multiplexsignal ausbreitet, eine um so stärkere Dämpfungswirkung haben, je größer die Wellenlänge ist. Daher ist die intrinsische Dämpfung, die der Überwachungskanal innerhalb eines Netzknotens auf dem Weg von dessen Eingangsanschluss zu einer Senke, als die jeweils der Eingang des Verstärkers 11 bzw. der Steuereinheit 16 angenommen werden kann, oder von einer Quelle, d.h. dem Ausgang des Verstärkers 11 oder der Steuereinheit 16, zum Ausgang des Netzknotens oder zwischen Quelle und Senke von durch eine optische Faser wie die Faser 3 verbundenen Netzknoten erfährt, um so stärker, je größer die Wellenlänge ist. Um diesem Einfluss Rechnung zu tragen und die Leistung des optischen Überwachungskanals an der Senke oder am Ausgangsanschluss eines Netzknotens 1 oder 4 tatsächlich vom Betriebszustand der Verstärker 8 bzw. 13 unabhängig zu machen, muss daher die Wellenlänge des Überwachungskanals bei den derzeit verfügbaren optischen Komponenten in einem Bereich gewählt werden, wo die Abhängigkeit der Verstärkung in den

Verstärkern vom Pumpzustand zwar sehr gering, aber noch nicht exakt Null ist. Es liegt auf der Hand, dass eine solche Wellenlänge vom Aufbau der Netzknoten und der in ihnen verwendeten Materialien sowie gegebenenfalls vom Material der verwendeten optischen Faser abhängig ist. Hier haben sich Wellenlängen ab 1600 nm, insbesondere im Bereich 1610 bis 1650 nm und insbesondere 1620 bis 1630 nm als geeignet erwiesen.

Beim Einsatz von verstärkungsnivellierenden Filtern, ggf. in Kombination mit anderen aktiven Medien, können sich natürlich andere Grenzwellenlängen als zweckmäßig erweisen.

Fig. 4 zeigt als Blockdiagramm eine Struktur eines alternativen Aufbaus des Netzknotens 1 mit reiner Verstärkungsfunktion. Demultiplexer 10 und Multiplexer 12 aus Fig. 1 sind hier zu einer zusammenhängenden, wellenlängenselektiv reflektierenden Struktur 18 mit vier Toren vereint, die an einem ersten Tor 19 das eintreffende Wellenlängenmultiplexsignal vom Vorverstärker 8 empfängt, dessen optischen Überwachungskanal an einem zweiten Tor 20 an den Verstärker 11 ausgibt, den verstärkten Überwachungskanal an einem dritten Tor 21 empfängt und ihn, mit den Nutzlastkanälen rekombiniert, an einem vierten Tor 22 über einen Dispersionskompensator 23 an den Nachverstärker 13 ausgibt. Eine solche viertorige Struktur 18 ist leicht in Form eines optisch integrierten Bragg-Gitters realisierbar, dessen Gitterkonstante gewählt ist, um den Überwachungskanal zu reflektieren, die Nutzlastkanäle aber durchzulassen.



G. 81689

Patentansprüche

5

1. Verstärkerknoten für ein optisches Netzwerk,
mit wenigstens einem Eingangsanschluss zum
Empfangen eines optischen Wellenlängenmulti-
plexsignals, einem Demultiplexer (10, 14, 18)
zum Zerlegen des empfangenen Wellenlängenmul-
tiplexsignals wenigstens in Nutzlastkanäle ei-
nerseits und einen Überwachungskanal anderer-
seits, einer mit einem Ausgang des Demultiple-
xers (10, 14, 18) verbundenen Senke (11, 16)
für den Überwachungskanal und einem zwischen
dem Eingangsanschluss und dem Demultiplexer
(10, 14, 18) angeordneten, von dem optischen
Wellenlängenmultiplexsignal durchlaufenen op-
tischen Verstärker (8), dadurch gekennzeich-
net, dass der Demultiplexer (10, 14, 18) ein-
gerichtet ist, als den Überwachungskanal eine
Wellenlänge abzutrennen, deren Dämpfung zw-
ischen dem Eingangsanschluss und der Senke (11,
16) im gepumpten Zustand des Verstärkers (8)
im Wesentlichen gleich der Dämpfung im unge-
pumpten Zustand des Verstärkers (8) ist.
2. Verstärkerknoten für ein optisches Netzwerk,
mit wenigstens einem Ausgangsanschluss zum
Senden eines optischen Wellenlängenmultiplex-
signals, einem Multiplexer (12, 17, 18) zum
Zusammenfügen des zu sendenden Wellenlängen-
multiplexsignal wenigstens aus Nutzlastkanälen
einerseits und einem Überwachungskanal ande-

30

5 rerseits, einer mit einem Eingang des Multi-
plexers (12) verbundenen Quelle (11, 16) für
den Überwachungskanal und einem zwischen dem
Multiplexer (12, 17, 18) und dem Ausgangsan-
schluss angeordneten, von dem optischen Wel-
lenlängenmultiplexsignal durchlaufenen opti-
schen Verstärker (13), dadurch gekennzeichnet,
dass der Multiplexer (12, 17, 18) eingerichtet
10 ist, als den Überwachungskanal eine Wellenlän-
ge einzufügen, deren Dämpfung zwischen der
Quelle (11, 16) und dem Ausgangsanschluss im
gepumpten Zustand des Verstärkers (13) im We-
sentlichen gleich der Dämpfung im ungepumpten
Zustand des Verstärkers (13) ist.

15 3. Verstärkerknoten nach Anspruch 1 oder 2, da-
durch gekennzeichnet, dass der Verstärker (8;
13) ein erbiumdotierter Faserverstärker ist
und dass die Wellenlänge des Überwachungskana-
20 ls zwischen 1600 und 1650 nm, vorzugsweise
zwischen 1610 und 1650 nm, beträgt.

4. Verstärkerknoten nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der
25 Verstärker (8, 13) ein aktives Medium in Reihe
mit einem im Wellenlängenband der Nutzlastka-
näle die Verstärkung des aktiven Mediums ni-
vellierenden Filter aufweist, und dass das ni-
vellierende Filter für den Überwachungskanal
30 transparent ist.

5. Verstärkerknoten nach Anspruch 1 und Anspruch
4, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Ver-

stärker (8) das aktive Medium dem Filter vorgeschaltet ist.

- 5 6. Verstärkerknoten nach Anspruch 2 und Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Verstärker (8) das aktive Medium dem Filter nachgeschaltet ist.
- 10 7. Optisches Netzwerk mit einem Senderknoten (1), einem Empfängerknoten (4) und einer den Senderknoten (1) mit dem Empfängerknoten (4) verbindenden optischen Faser (3) zum Übertragen eines optischen Wellenlängenmultiplexsignals, das Nutzlastkanäle und einen Überwachungskanal aufweist, wobei von den Knoten (1; 4) wenigstens einer einen von dem Multiplexsignal durchlaufenen Verstärker (8, 13) aufweist und der Senderknoten (1) eine Quelle (11) für den Überwachungskanal und einen Multiplexer (12) zum Zusammenfügen des Überwachungskanals und von Nutzlastkanälen zu dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal und der Empfängerknoten (4) eine Senke (16) für den Überwachungskanal und einen Demultiplexer (14) zum Zerlegen des Wellenlängenmultiplexsignals in den Überwachungskanal und die Nutzlastkanäle aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Multiplexer und der Demultiplexer (12, 14) eingerichtet sind, als den Überwachungskanal eine Wellenlänge in das optische Multiplexsignal einzufügen bzw. daraus zu extrahieren, deren Dämpfung zwischen der Quelle (11) und der Senke (16) im Wesentlichen gleich der Dämpfung im ungepumpten Zustand des Verstärkers (8; 13) ist.
- 15
- 20
- 25
- 30

8. Optisches Netzwerk nach Anspruch 7, dadurch
gekennzeichnet, dass der Verstärker (8; 13)
ein erbiumdotierter Faserverstärker ist und
5 dass die Wellenlänge des Überwachungskanals
zwischen 1600 und 1650 nm, vorzugsweise zwischen
1610 und 1650 nm, beträgt.
9. Optisches Netzwerk nach Anspruch 7 oder 8, da-
10 durch gekennzeichnet, dass der Verstärker (8,
13) ein aktives Medium in Reihe mit einem im
Wellenlängenband der Nutzlastkanäle die Ver-
stärkung des aktiven Mediums nivellierenden
Filter aufweist, und dass das nivellierende
15 Filter für den Überwachungskanal transparent
ist.

G. 81689

Zusammenfassung

5

Ein optisches Netzwerk umfasst einen Senderknoten (1), einen Empfängerknoten (4) und optische Faser (3) zum Übertragen eines optischen Wellenlängenmultiplexsignals, das Nutzlastkanäle und einen Überwachungskanal aufweist, zwischen den Knoten (1, 4).
10 Wenigstens einer der Knoten weist einen von dem Multiplexsignal durchlaufenen Verstärker (13;8) auf. Der Senderknoten (1) umfasst eine Quelle (11) für den Überwachungskanal und einen Multiplexer
15 (12) zum Zusammenfügen des Überwachungskanals und von Nutzlastkanälen zu dem optischen Wellenlängenmultiplexsignal und der Empfängerknoten eine Senke (16) für den Überwachungskanal und einen Demultiplexer (14) zum Zerlegen des Wellenlängenmultiplexsignals in den Überwachungskanal und die Nutzlastkanäle. Der Multiplexer (12) und der Demultiplexer (14) sind eingerichtet, als den Überwachungskanal eine Wellenlänge in das optische Multiplexsignal einzufügen bzw. daraus zu extrahieren,
20 deren Dämpfung zwischen der Quelle (11) und der Senke (16) im Wesentlichen gleich der Dämpfung im ungepumpten Zustand des Verstärkers ist.

(Figur 1a)

Fig. 1a

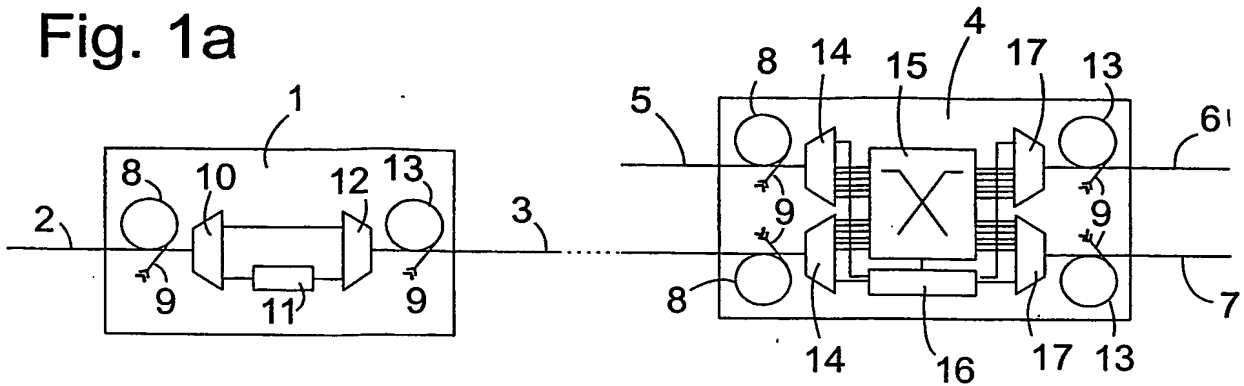


Fig. 1b

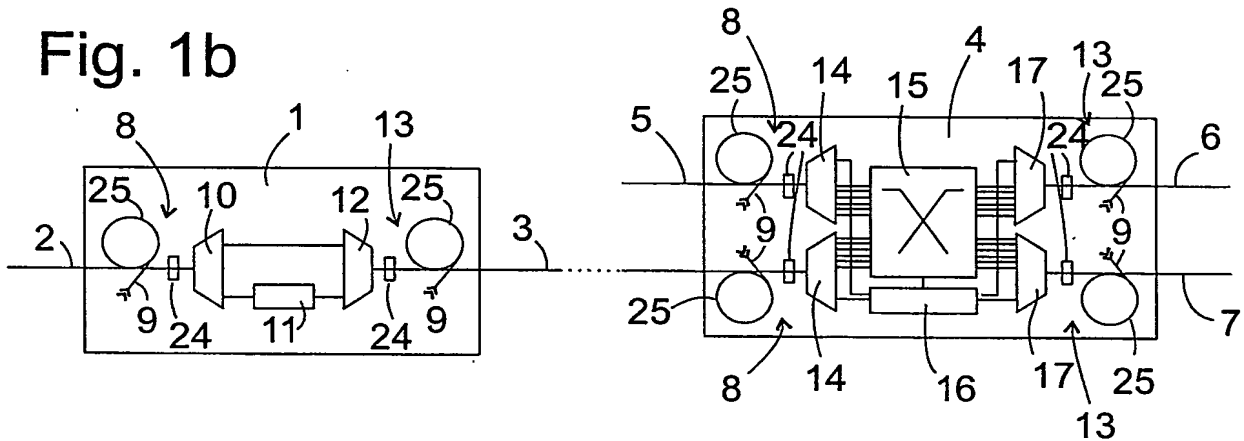


Fig. 2

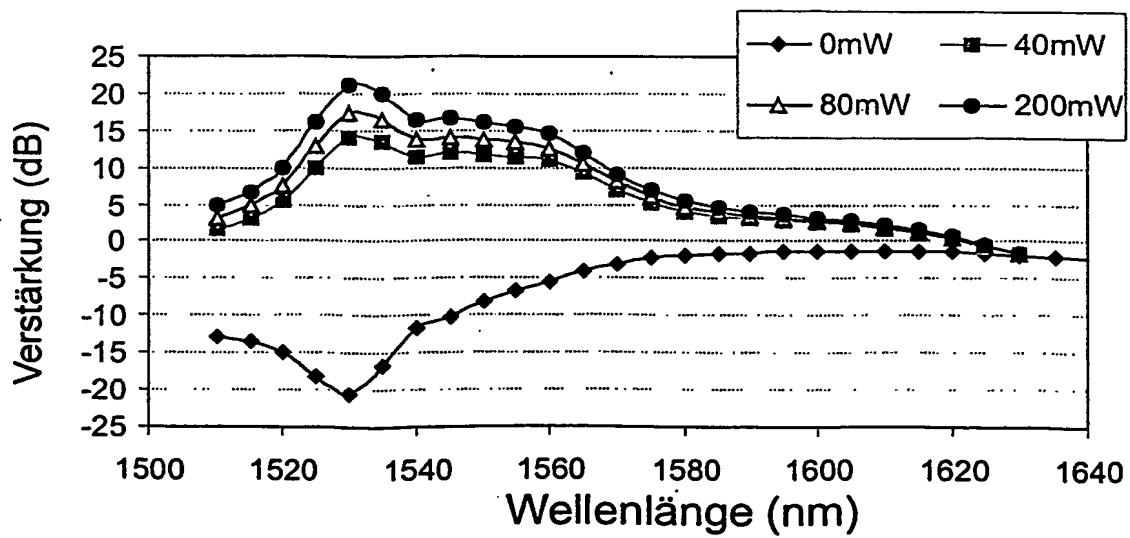


Fig. 3

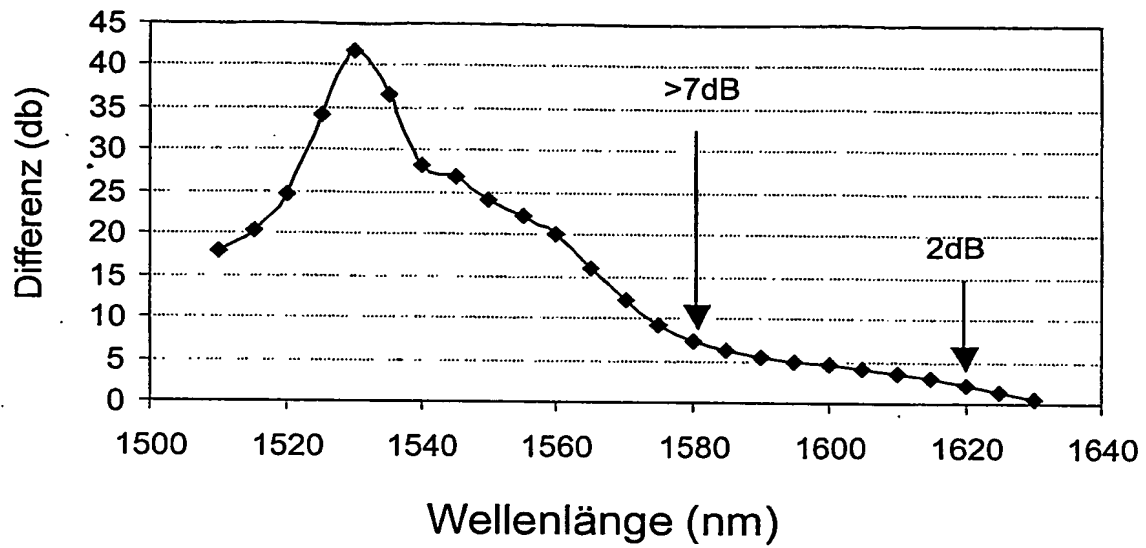


Fig. 4

